

## **INCISÃO FLUVIAL EM TRIBUTÁRIOS DO RIO DOURO, *UPLIFT* REGIONAL E CONTROLO LITOLÓGICO NA EVOLUÇÃO DOS PERFIS LONGITUDINAIS**

### **FLUVIAL INCISION ON THE DOURO RIVERS TRIBUTARIES, REGIONAL *UPLIFT* AND LITHOLOGICAL CONTROLS ON THE LONGITUDINAL PROFILES EVOLUTION.**

Martins, António, *Centro de Geofísica, Dep. Geociências, Universidade de Évora, Portugal, aam@uevora.pt*

Gomes, António, *Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, Dep. de Geografia da Universidade do Porto, Portugal, albgomes@gmail.com*

Cunha, Pedro, *Centro de Ciências do Mar e do Ambiente Dep. de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, Portugal; pcunha@dct.uc.pt*

Cabral, João, *Instituto Dom Luiz, Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa, Portugal, jcabral@fc.ul.pt*

## **RESUMO**

Neste artigo analisam-se alguns perfis longitudinais de afluentes do rio Douro. Estes afluentes correm numa paisagem marcada por variações constantes de litologia, sistema de falhas (ex: falha da Vilariga) e descida do nível de base. Os tributários do rio Douro exibem um troço com forma côncava a montante e um troço rejuvenescido a jusante, separados por uma rotura de declive (knickpoint/knickzone). O troço côncavo a montante corresponde a um perfil relíquia regularizado, de idade provável Placenciano – Gelasiano, enquanto o troço rejuvenescido resulta do prosseguimento de vagas de incisão, relacionadas com o escavamento fluvial durante o Plistocénico. Usou-se a projecção do perfil relíquia para estimar a máxima incisão na desembocadura e o equivalente *uplift* crustal. Os diferentes valores da incisão fluvial que variam de cerca de 400 m no rio Coa a mais de 600 m no rio Paiva refletem o *uplift* diferencial da superfície da Meseta e dos Planaltos Centrais. As taxas de incisão, calculadas pressupondo o início do encaixe da drenagem entre 2,5 e 1,8 e Ma são consistentes com o *uplift* regional calculado em trabalhos anteriores nesta região.

## **ABSTRACT**

In this paper it's analyzed some longitudinal profiles of Douro river tributaries. These streams flow through a landscape strongly influenced by variations in bedrock lithology, fault structures (e.g. Vilariga fault) and a base-level lowering history (tectonic *uplift* / eustatic). The Douro tributaries display an upstream concave up reach and a downstream rejuvenated profile separated by a transient knickpoint/knickzone. The upstream concavity up reach reflects a relict graded profile, of probable Piacenzian – Gelasian age, while the rejuvenated profile, represents the on-going transmission of several incision waves, linked to the Pleistocene - present stage of fluvial incision. Downstream projection of the relict graded profile was used to estimate the maximum fluvial incision at the stream mouth and the equivalent crustal *uplift*. The amount of incision ranges from ca 400 m in Cõa river up to more than 600 m in the Paiva river, reflecting the differential *uplift* of the Meseta surface and the Central Plateaus. Incision rates calculated assuming *ca* of 2,5 to 1,8 Ma for the beginning of the incision are consistent with the amount of the *uplift* estimated in early works.

**Palavras-chave:** Afluentes do Rio Douro, knickpoints, movimentos verticais, incisão fluvial

**Keywords:** Douro river tributaries, knickpoints, crustal *uplift*, fluvial incision

## 1. INTRODUÇÃO

No interior do território, longe do litoral e da ligação directa com o nível do mar, as superfícies de erosão e os terraços fluviais são usados como marcadores para inferir movimentos verticais da crosta. Neste contexto, costumam usar-se os terraços fluviais, a sua relação com os perfis longitudinais dos rios e as características destes perfis como referências para calcular a taxa de incisão fluvial de longo prazo, a qual é considerada como um razoável equivalente do *uplift* regional (e.g. Merritts *et al.*, 1994; Burbank e Anderson, 2001).

No Maciço Hespérico, nas áreas mais interiores do território, como a região a sul do Douro (Figura 1), coexistem ainda retalhos de uma extensa superfície de erosão, a Meseta Ibérica, e troços de perfis longitudinais de afluentes do rio Douro, pouco encaixados que atingiram um nível de regularização que se aproxima do “perfil de equilíbrio”. Este, no troço mais a montante, corresponde a uma forma herdada (perfil relíquia), regularizado em função de um nível de base mais alto do que o actual.

Nos troços mais a montante dos rios faltam muitas vezes os terraços fluviais. Nestes casos, os perfis longitudinais são os únicos marcadores possíveis para determinar a incisão fluvial, desencadeada pela descida do nível de base. Neste trabalho utiliza-se o perfil relíquia dos afluentes da margem esquerda do rio Douro (Figura 1) para determinar a incisão fluvial desde o início do seu encaixe na superfície da Meseta Ibérica. Utilizando os valores da incisão, pretende-se obter uma estimativa dos movimentos verticais da crosta.

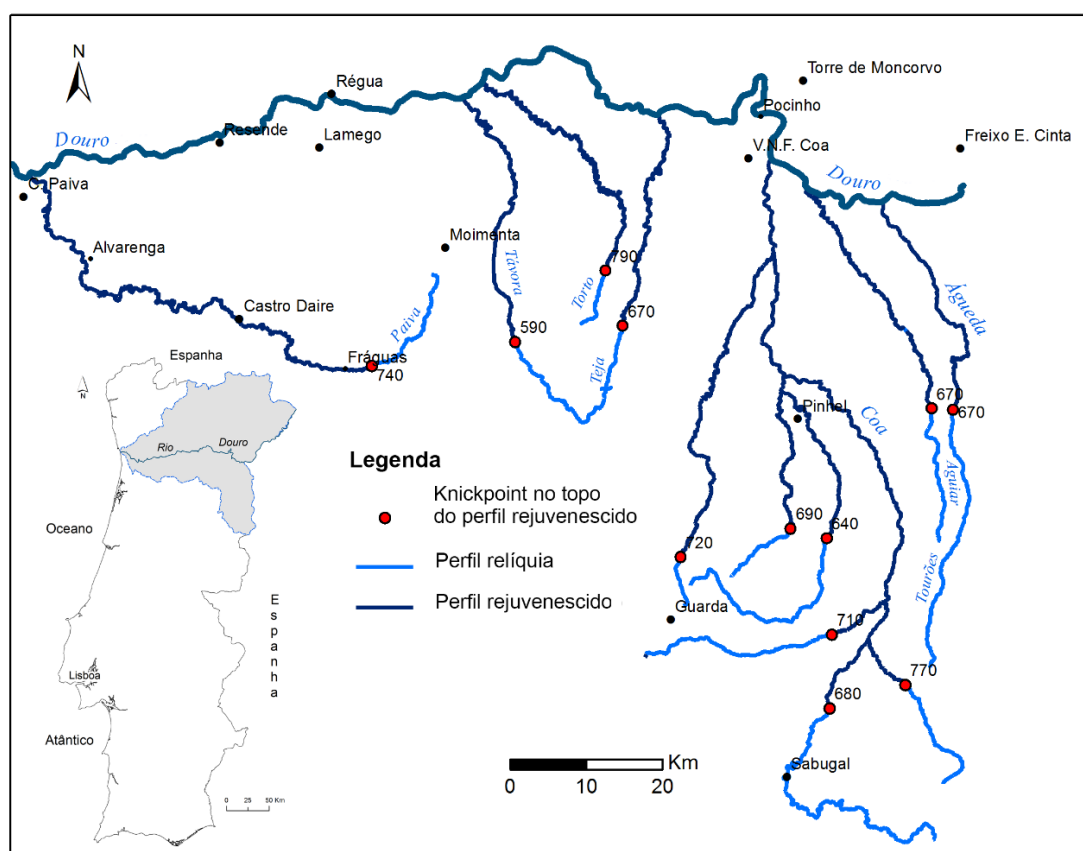


Figura 1 – Área de estudo e afluentes do rio Douro analisados neste trabalho. Os números correspondem à altitude dos *knickpoints* no topo do perfil rejuvenescido.

## 2. MÉTODOS

Os perfis longitudinais dos tributários do rio Douro foram levantados manualmente, utilizando cartas topográficas 1:25 000, com a intersecção das linhas de água pelas curvas de nível com equidistância natural de 10 m. Para identificar o perfil relíquia e o perfil rejuvenescido fez-se a representação gráfica do logaritmo natural do comprimento (ln. L) *versus* o logaritmo natural do gradiente (ln. S), em cada afluente do rio Douro. Numa estreita comparação com modelos digitais de terreno e mapa geológico, este tipo de representação permite diferenciar o perfil relíquia (regularizado e coincidente com as áreas melhor conservadas da Meseta) do perfil rejuvenescido (em fase de ajustamento e coincidente com as áreas de relevo mais dissecado), assim como roturas de declive relacionadas com a litologia. Para calcular o valor da incisão fluvial fez-se a projecção do perfil relíquia até à desembocadura, utilizando a equação matemática do perfil de equilíbrio (Goldrick e Bishop, 2007; Equação 1).

$$H = H_0 - k \frac{L^{1-\lambda}}{1-\lambda} \quad [1]$$

onde  $H$  é a altitude do perfil de equilíbrio,  $H_0$  é uma estimativa teórica da altitude da divisória da drenagem, admitindo que os processos hidráulicos do curso de água são activos até este ponto,  $k$  e  $\lambda$  são constantes que traduzem a inclinação e concavidade da curva na Equação 2. Esta equação traduz a relação do gradiente ( $S$ ) *versus* comprimento ( $L$ ).

$$S = kL^{-\lambda} \quad [2]$$

Os valores da incisão foram calculados subtraindo à altitude do perfil relíquia na desembocadura a cota do leito actual.

## 3. RESULTADOS

Os afluentes do rio Douro, analisados neste trabalho, conservam na sua parte mais a montante um perfil relíquia (muito antigo), cuja forma se aproxima do “perfil de equilíbrio” e um perfil rejuvenescido a jusante, em fase de ajustamento a um novo nível de base, mais baixo do que o nível de base para o qual foi ajustado o perfil relíquia (Figuras. 2 e 3). Os dois perfis encontram-se separados por uma rotura de declive no perfil longitudinal (*slope-break knickpoint*), reconhecida à escala regional em todos os afluentes (Figura 1).

No perfil rejuvenescido vários *kinckpoints* com origem litológica (*vertical-step knickpoints*) salientam-se na passagem de rochas metassedimentares para rochas granitóides.

Os valores da incisão fluvial (Quadro 1) são mais elevados nos afluentes com trajecto nas áreas mais interiores da Meseta Ibérica (rio Águeda e Cesarão) e menores nos afluentes do rio Douro que escoam nesta superfície, junto à falha da Vilariça (rio Côa e seu afluente Massueime). Nos Planaltos Centrais (Quadro 2), a Oeste da falha da Vilariça, os valores da incisão fluvial são superiores aos valores da incisão fluvial dos cursos de água que correm na superfície da Meseta, imediatamente a E deste acidente. Os valores mais elevados de incisão fluvial (rio Paiva e rio Torto) ultrapassam mesmo os valores de incisão fluvial dos afluentes do rio Douro que correm nas áreas mais interiores da Meseta Ibérica, próximo da fronteira com Espanha (rio Águeda, rio Cesarão e rio Aguiar).

Quadro 1 – Valores de incisão e taxas de incisão calculadas para os afluentes e subafluentes do rio Douro que correm na superfície da Meseta a E da falha da Vilarça.

Curso de Água	Incisão (m)	Taxa (mm/ano)
Côa	405	0,16 – 0,22
Massueime	402	0,16 – 0,22
Pega	435	0,17 – 0,24
Tourões	458	0,18 – 0,25
Cabras	485	0,19 – 0,26
Noemi	476	0,19 – 0,26
Aguiar	477	0,19 – 0,26
Cesarão	524	0,20 – 0,29
Águeda	525	0,21 – 0,29

Quadro 2 – Valores de incisão e taxas de incisão calculadas para os afluentes e subafluentes do rio Douro que correm a W da falha da Vilarça.

Curso de Água	Incisão (m)	Taxa (mm/ano)
Távora	458	0,18 – 0,25
Teja	482	0,19 – 0,26
Torto	654	0,26 – 0,36
Paiva	612	0,24 – 0,34

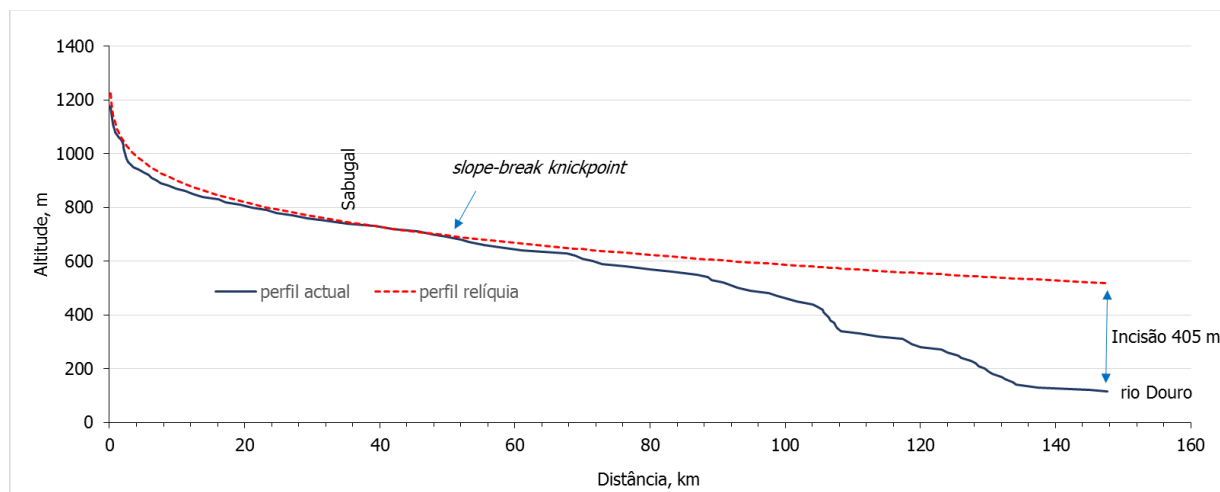


Figura 2 – Perfil longitudinal do rio Côa com projecção do perfil relíquia até à desembocadura no rio Douro. A rotura de declive (*slope-break knickpoint*), que separa o perfil relíquia do perfil rejuvenescido situa-se alguns quilómetros a jusante do Sabugal, aproximadamente a 50 km da nascente.

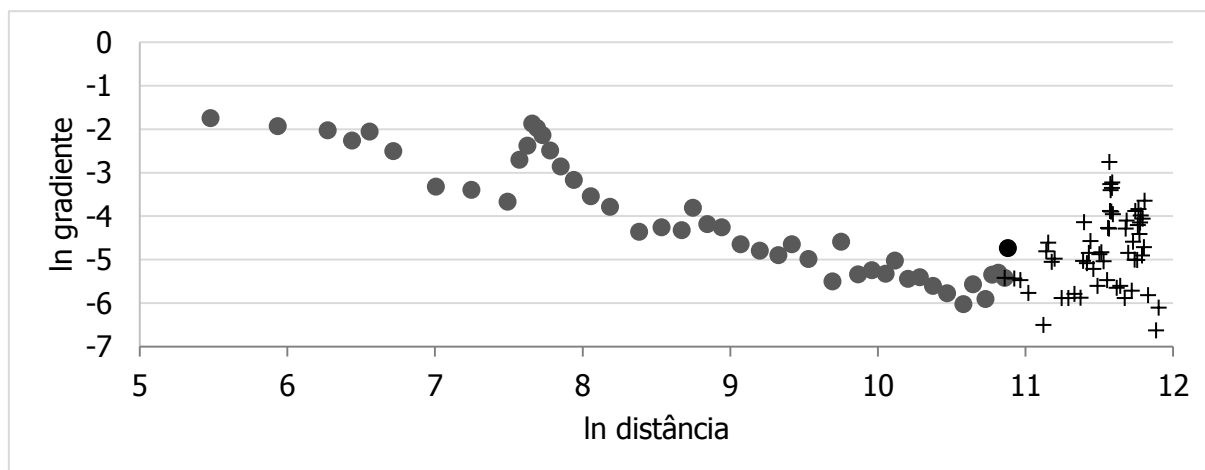


Figura 3 – Rio Côa, projecção dos dados logaritmizados da distância e do gradiente. Os círculos representam o perfil relíquia com um *knickpoint* próximo das cabeceiras, as cruzes correspondem ao perfil rejuvenescido com dois *knickpoints* de origem litológica (*vertical-step knickpoint*).

#### 4. DISCUSSÃO

Os valores máximos da incisão fluvial, calculados na desembocadura dos afluentes e sub-afluentes do rio Douro (Quadros 1 e 2) são compatíveis com movimentos verticais diferenciais da superfície da Meseta. Os valores do quadro 1 sugerem maior levantamento da superfície da Meseta, na região mais interior do território, onde escoam o rio Águeda, o rio Cesarão e o rio Aguiar e menor levantamento vertical do lado ocidental, próximo da falha da Vilariça, onde correm o rio Côa e seu afluente Massueime. Os valores do quadro 2 confirmam, de igual modo, um levantamento diferencial no interior dos Planaltos Centrais durante a fase de encaixe da rede e o maior levantamento destes planaltos relativamente à superfície da Meseta. As taxas de incisão fluvial são compatíveis com as taxas de levantamento tectónico estimadas para o interior do território nos últimos 3 Ma (Cabral, 2012). Estas taxas de incisão deverão ser encaradas como uma primeira aproximação, tendo em conta as incertezas sobre o início do encaixe da drenagem, ao facto de nem sempre os valores do encaixe fluvial reflectirem, na plenitude, os valores do *uplift* (Westaway *et al.*, 2009; Bridgland *et al.*, 2012) e ao facto dos perfis relíquia continuarem a rebaixar a uma taxa igual àquela para qual foram previamente ajustados (Kirby e Whipple, 2012).

#### 5. CONCLUSÕES

O troço relíquia dos afluentes do Douro corresponde a uma forma herdada de um perfil longitudinal antigo, modelado em função de um nível de base mais alto do que actual. Atendendo ao grau de regularização atingido, o troço relíquia aproxima-se da forma do “perfil de equilíbrio” e, por conseguinte, pressupõe uma estabilização prolongada do nível de base, que em alguns afluentes poderá ter sido endorreico.

Os troços rejuvenescidos são interpretados como formas transitórias, (*transient forms*) ajustando-se em função de um *forcing* de longa duração (levantamento regional), o qual se traduziu numa descida relativa do nível de base de erosão.

O *uplift* diferencial e a litologia explicam certas diferenças nos valores da incisão dos tributários do Douro, bem como a formação de *knickpoints* permanentes (*vertical-step knickpoints*).

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi suportado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através dos projectos PTDC/GEO-GEO/2860/2012, UID/MAR/04292/2013 – MARE, UID/GEO/50019/2013 – Instituto Dom. Luís e UID/GEO/04683/2013 – Instituto de Ciências da Terra - ICT.

## REFERÊNCIAS

- Bridgland D; Westaway R; Romieh M; Candy I; Daoud M; Demir T; Galiatsatos N; Schreve D; Seyrek A; Shaw A; White T; Whittaker J (2012) The River Orontes in Syria and Turkey: Downstream variation of fluvial archives in different crustal blocks. *Geomorphology*, 165–166: 25–49.
- Burbank D; Anderson R (Eds) (2001) *Tectonic Geomorphology*, Blackwell Science, Massachusetts.
- Cabral J (2012) Neotectonics of mainland Portugal: state of the art and future perspectives. *Journal of Iberian Geology*, 38: 71 – 84.
- Goldrick G; Bishop P (2007) Regional analysis of bedrock stream long profiles: Evaluation of Hack's SL form, and formulation and assessment of an alternative (the DS form). *Earth Surface Processes and Landforms*, 32: 649-671.
- Kirby E; Whipple K (2012) Expression of active tectonics in erosional landscapes, *Journal of Structural Geology*, 44: 54-74.
- Merritts D J; Vincent K R; Wohi E E (1994) Long river profiles, tectonism, and eustacy: A guide to interpreting fluvial terraces, *Journal of Geophysical Research* 99, No. B7, 14,031-14,050.
- Westaway R; Bridgland D; Sinha R; Demir T (2009) Fluvial sequences as evidence for landscape and climatic evolution in the Late Cenozoic: A synthesis of data from IGCP 518. *Global and Planetary Change* 68: 237–253.

## **EVIDÊNCIAS NEOTECTONICAS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM TERRAÇOS FLUVIAIS DA BACIA DO RIBEIRÃO ARAQUÁ, SÃO PAULO-BR**

### **NEOTECTONICS EVIDENCE AND CLIMATE CHANGE ON THE FLUVIAL TERRACE OF BASIN RIBEIRÃO ARAQUÁ, SAO PAULO - BR**

Souza, André de Oliveira, *Universidade Estadual de Campinas, Campinas-São Paulo, Brasil, andreosouza@ige.unicamp.br*

Perez Filho, Archimedes, *Universidade Estadual de Campinas, Campinas-São Paulo, Brasil, archi@ige.unicamp.br*

#### **RESUMO**

O trabalho apresenta os resultados das análises realizadas em sedimentos correspondentes aos terraços fluviais da bacia hidrográfica do Ribeirão Araquá. Destaca-se que o trabalho compõem as pesquisas relacionadas à elaboração de uma dissertação de mestrado, a qual objetiva elaborar a geocronologia da dinâmica geomorfológica através da correlação das coberturas superficiais presentes na área em questão. O sistema fluvial estudado está inserido na Bacia Sedimentar do Paraná e compreende dois importantes compartimentos geomorfológicos do estado de São Paulo: a Depressão Periférica Paulista e a Zona de Cuestas, ambas inseridas nos municípios de São Pedro e Charqueadas. Foram analisados, através de datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) e granulometria, altos e baixos terraços situados na média e baixa bacia do Ribeirão Araquá; os quais apresentaram idades relacionadas às mudanças climáticas pleistocênicas e holocênicas ocorridas na América do Sul. No entanto, também se constatou evidências de eventos neotectônicos responsáveis pela (re) organização da rede de drenagem da bacia do Ribeirão Araquá; de modo, que é possível que esses eventos também tenham influenciado na dinâmica erosiva e deposicional da área estudada e, sendo assim, na gênese das coberturas superficiais e distribuição espacial dos terraços fluviais.

#### **ABSTRACT**

The paper presents the results of analyzes in sediments corresponding to the fluvial terraces of the river basin of Ribeirão Araquá. This study comprises the research related to the preparation of a master's degree dissertation, which aims to prepare the geochronology of the geomorphological dynamics through the correlation of surface coatings present in the aforementioned area. The studied river system is inserted in the Paraná Sedimentary Basin and comprises two major geomorphological compartments of São Paulo: Paulista Peripheral Depression and Cuestas Zone, both inserted in the municipalities of São Pedro and Charqueada. High and low terraces located in the middle and lower basin of Ribeirão Araquá were analyzed through dating Optically Stimulated Luminescence (OSL) and particle size analysis, which showed ages related to Pleistocene and Holocene climate changes in South America. However, it was also found evidence of neotectonic events responsible for the (re) organization of the drainage system of Ribeirão Araquá basin; so it is possible that these events have also influenced the erosive and depositional dynamics of the study area and, therefore, in the genesis of surface coverage and spatial distribution of river terraces.

**Palavras-chave:** Geomorfologia; Coberturas Superficiais; Terraços Fluviais; Luminescência Opticamente Estimulada

**Keywords:** Geomorphology; Surface Coverings; Fluvial Terraces; Optical Stimulated Luminescence

## 1. INTRODUÇÃO

A paisagem pode ser compreendida a partir de diferentes enfoques associados aos diversos campos do saber dentro das ciências da Terra. No âmbito da ciência geográfica a percepção da paisagem é objeto de estudo inerente dessa ciência que, apesar das diferentes conceituações e enfoques metodológicos, constitui-se como objeto principal de estudo.

No presente trabalho, a dinâmica da bacia do Ribeirão Araquá é avaliada sob o prisma dos processos geomorfológicos atuais e ocorridos durante o Quaternário, sobretudo, aqueles relacionados às mudanças climáticas. Do mesmo modo, compreende-se que a inter-relação de sistemas e subsistemas naturais é responsável pela gênese de formas de relevo complexa, bem como das coberturas superficiais espacializadas pela área de trabalho.

Salgado-Labouriau (1994), aponta que as glaciações quaternárias representam a característica mais importante desse período, de modo que os longos intervalos de tempo com temperaturas baixas, com duração aproximada de 100 mil anos, se intercalou com tempos mais quentes de duração aproximada de 20 mil anos.

Em relação ao Hemisfério Sul e ao território brasileiro, diversos estudos têm apontado para alternâncias de condições climáticas durante o Quaternário (Ab'Saber, 1977; Coltrinari, 1991; Lichte, 1991; Thomas e Thorp, 1995; Scheel-Ybert et. al, 2003). Coltrinari (1991) afirma que as mudanças paleoclimáticas no Hemisfério Sul e, portanto, da América do Sul, acompanharam as tendências das temperaturas globais, mas as diferenças entre as histórias paleogeográficas dos referidos hemisférios parecem suficientes para questionar o uso dos modelos gerados no hemisfério norte na sistematização da sequência de mudanças globais quaternárias deste lado do Equador.

Assim sendo, este trabalho busca avaliar a influência das mudanças climáticas ocorridas durante o Quaternário na gênese dos terraços da bacia hidrográfica do Ribeirão do Araquá; e para isso, foram utilizadas datação por Luminescência Opticamente Estimulada e análise granulométrica das amostras coletadas em campo. No entanto, é importante ressaltar a analisar os possíveis controles estruturais decorrentes de uma tectônica ressurgente na evolução geomorfológica da área, uma vez que são reconhecidos eventos dessa natureza no estado de São Paulo e em outras partes do território brasileiro.

### 1.1. Localização e caracterização da área de estudos

A área de estudo é delimitada pelas coordenadas longitudinais 47°55'30"W e 47°45'00"W; e latitudinais 22°25'30"S e 22°39'0"S a qual abarca parte de dois municípios, São Pedro e Charqueada (Figura 1). Após drenar cerca de 279,20 Km<sup>2</sup> o Ribeirão Araquá deságua no Rio Piracicaba; sendo, portanto, um afluente da margem direita deste rio. A bacia estudada insere-se no contato entre dois compartimentos geomorfológicos do estado de São Paulo, a Depressão Periférica Paulista e a Zona de Cuestas, ambos pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná. O curso principal tem aproximadamente 38 km de extensão, cuja orientação é de norte-sul. Suas nascentes estão localizadas na Serra de Itaqueri e Serra de São Pedro.



São encontradas litologias sedimentares relacionadas às Formações Corumbataí, Pirambóia, Bauru e Itaqueri, além de basaltos vinculados a Formação Serra Geral. Do ponto de vista pedológico, encontram-se Latossolos Vermelho-amarelo nos setores correspondentes ao relevo de cuestas, Neossolos Quartzarênicos e Argissolos Vermelho-amarelo na Depressão Periférica.

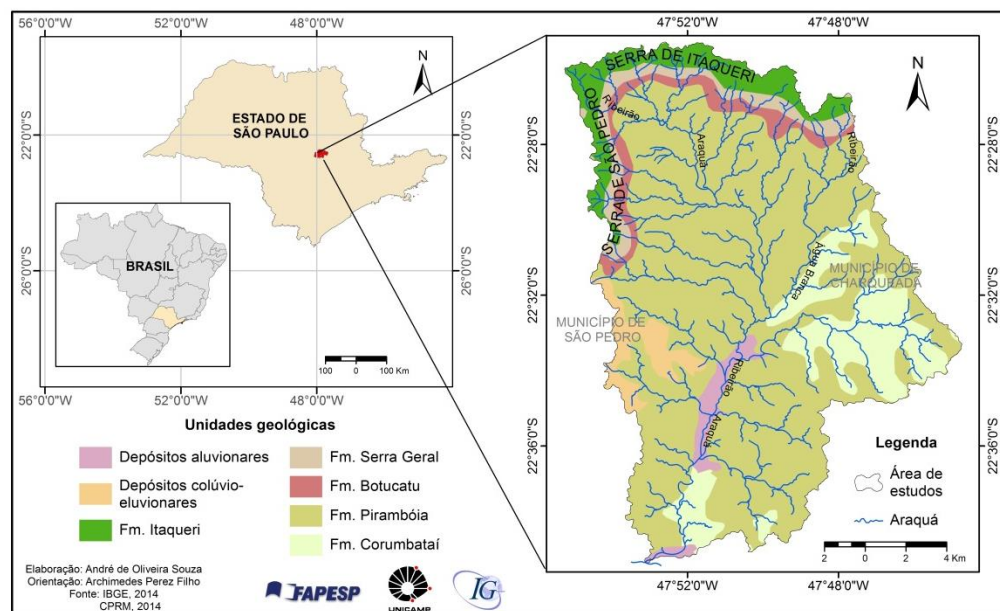


Figura 1: Mapa de Localização e Geologia da Bacia do Ribeirão Araquá.

No âmbito climático, situa-se em região tropical com características úmidas e subquente. Essa configuração climática, que também é regional, possibilita, junto com as características pedológicas, o desenvolvimento de vegetação típica de Cerrado, o Cerrado Paulista.

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

O presente trabalho busca integrar de modo sistêmico os resultados provenientes das diferentes metodologias. Foram utilizadas análises granulométricas e datações por LOE de sedimentos relacionados aos altos terraços e baixos terraços presentes na área estudada.

No âmbito da granulometria, os materiais coletados em diferentes profundidades foram separados conforme as frações de areia muito grossa, grossa, média, fina, argila e silte, posteriormente, foram classificados de acordo com o triângulo textural proposto pela USDA (1993). Destaca-se que o GPS utilizado na pesquisa possui precisão espacial de 3 metros.

As datações foram realizadas em 11 amostras coletadas a partir da inserção, na horizontal, de tubos de PVC de coloração escura (marrom), de aproximadamente 15 centímetros de diâmetro. Os procedimentos laboratoriais foram realizados no Laboratório de Datações sob a supervisão do Dr. Silvio Luiz Miranda Brito.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Alto Terraço

Os altos terraços analisados estão localizados na margem direita do médio curso do Ribeirão Araquá e foram identificados a partir da continuidade lateral de linhas de cascalhos soterrados a aproximadamente 4,90 metros da superfície e que se associam a condições energéticas fluviais pretéritas de transporte e deposição de seixos. Do mesmo modo, os altos terraços identificados vinculam-se a lineamentos que expressam possíveis falhamentos de orientação N-S e E-W. Os resultados estão expressos no Quadro 1.

Quadro 1: Resultados dos altos terraços da bacia do Ribeirão Araquá

Unidade de relevo	Altitude do terraço (metros)	Altitude atual do leito do rio (metros)	Profundidade de coleta (metros)	Idade	Textura
Alto Terraço (AT1)	570	478	0-0,20	Não coletado	Arenoso
			4,80	59,550 ± 9,260	Franco-Arenosa
			5,00	60,000 ± 7,715	Franco-Arenosa
Alto Terraço (AT2)	530	478	0-0,20	Não coletado	Arenoso
			1,80	13,900 ± 940	Franco-Arenosa
			2,20	35,000 ± 2,860	Franco-Arenosa

A análise granulométrica dos sedimentos apontou para condições de baixa energia durante a deposição do primeiro nível de alto terraço, excetuando a linha de cascalho que possivelmente está associada a alterações do nível de base e, concomitantemente, no aumento na energia de transporte de sedimentos. Sendo assim, no primeiro Alto Terraço (AT1) as idades dos sedimentos abaixo da cascalheira foram situadas no Pleistoceno e possuem a mesma classificação sedimentológica daqueles localizados acima da cascalheira; indicando que as condições energéticas do sistema fluvial eram menores quando comparado ao fluxo que originou a linha de cascalho. É possível que a deposição do material Franco-Arenoso tenha ocorrido em ambiente mais seco do que o atual, como apontam Thomas e Thorp (1995) e Ortiz-Jaureguizar e Cladera (2006).

Possivelmente, a linha de cascalho presente no nível AT1 relaciona-se a uma rápida alteração no nível de base associado a eventos neotectônicos, como apontado por Penteadó (1968) e Facincani (2000). Esta (re) organização da rede de drenagem parece ter possibilitado o retrabalhamento dos sedimentos do AT1 durante a elaboração do nível de terraço AT2, sobretudo, quanto a camada subjacente a linha de cascalho.

Neste sentido, a coexistência de dois níveis de terraços evidenciam ajustes estruturais durante o Pleistoceno, os quais responsáveis por um deslocamento vertical e, consequentemente, a alteração do nível de base, pode ter ocasionado uma reorganização do sistema fluvial conduzindo a elaboração do segundo nível de terraço.

No segundo alto terraço (AT2), identificado na margem direita do Ribeirão Araquá, a classificação granulométrica Franco-Arenosa mostra condições ambientais onde possivelmente a

deposição ocorreu durante episódios de cheias e pouco energéticos, ocorridos durante o Pleistoceno Superior. A cascalheira presente nesse nível mostra que houve significativa mudança energética durante o Pleistoceno; o qual teve duração de aproximadamente 20 mil anos. De acordo com a bibliografia consultada, é possível que o material acima da cascalheira, tenha sido depositado durante a persistência de clima frio e, provavelmente, mais seco do que o atual.

### 3.2. Baixo terraço

Os baixos terraços analisados foram identificados no alto curso do Ribeirão Araquá e apontaram para certa homogeneidade quanto às características físicas, isto é, predominam texturas arenosas que possivelmente estão associadas às litologias da Formação Piramboia (Quadro 2). Excepcionalmente, o último baixo terraço apresentou textura mais próxima da argilosa, que possivelmente é decorrente da decomposição do basalto da Formação Serra Geral e a níveis energéticos menores, que possibilitou a deposição da argila e do silte.

Quadro 2: Resultados dos baixos terraços do Ribeirão Araquá

Unidade de relevo	Altitude do terraço (metros)	Altitude atual do leito do rio (metros)	Profundidade de coleta (metros)	Idade	Textura
Baixo Terraço (BT1)	491	490	0 - 0,10	<i>Não coletado</i>	Arenoso
			0,60	$9,850 \pm 1,120$	Arenoso
Baixo Terraço (BT2)	481	479	0,40	$1,300 \pm 185$	Arenoso
			0,70	$2,780 \pm 410$	Arenoso
Baixo Terraço (BT3)	481	479	0,40	$720 \pm 100$	Franco Argila-Arenoso
			0,80	$1481 \pm 215$	Franco-Argilosa

O primeiro baixo terraço (BT1) analisado apresentou idades que correspondem, a priori, ao final do período glacial conhecido como Würm-Wisconsin (Salgado-Labouriau, 1994). Thomas e Thorp (1995) e Schell-Ybert (2000) apontam para uma fase seca no sudeste do estado de São Paulo e aridez com intervalo frio em muitas áreas, por volta de 11.000 anos A.P e posterior, umidificação do clima a partir de 10.500 anos A.P, período este que marca a transição Pleistoceno/Holoceno. Sendo assim, é possível que os sedimentos que capeiam esse nível de baixo terraço tenham sido depositados em clima semelhante ao atual, ou seja, relativamente úmido ou de transição.

O baixo terraço BT2 apresenta características granulométricas similares às observadas no BT1, o que possibilita interpretá-las como consequência do intemperismo dos arenitos da Formação Piramboia. No âmbito das datações, as idades obtidas possibilitaram correlacioná-las a transição de ambiente úmido para mais seco. Neste sentido, Dias e Perez Filho (2015) identificaram em uma bacia adjacente a área de estudos, coberturas superficiais datadas em  $2570 \pm 500$  as quais foram vinculadas a condições climáticas mais secas do que as atuais.

Após esse período, uma umidificação do clima foi responsável pelo aprofundamento do talvegue, abandono da antiga planície de inundação e, conseqüentemente o início de nova deposição que, posteriormente, originou os sedimentos relacionados ao BT3. De acordo com os resultados da LOE esse processo ocorreu por volta de  $1481 \pm 215$  A.P, correspondendo a um ambiente mais seco, responsável também pelo desenvolvimento de turfeiras no estado de São Paulo e Minas Gerais; no entanto, caracterizando-se como transição para as condições ambientais atuais, uma vez que através da granulometria foi possível observar certa transição das características ambientais responsáveis pelo transporte e deposição das coberturas analisadas.

Os aluviões recentes coletados no alto curso (Quadro 3) também colaboram para a hipótese de pulsos climáticos ocorridos no Holoceno Tardio. De acordo com as análises granulométricas, é possível a transição das características de transporte (Areia-Franca para Arenoso), sobretudo em relação à energia do ambiente, as quais encontram correspondência nos trabalhos de Storani e Perez Filho (2015) que apontaram período mais seco do que o atual por volta de 600 anos A.P.

Quadro 3: Resultados do Aluvião Recente do Ribeirão Araquá

Unidade de relevo	Altitude do aluvião recente (metros)	Altitude atual do leito do rio (metros)	Profundidade de coleta (metros)	Idade	Textura
Aluvião Recente	496	492	0-0,20	<i>Não coletado</i>	Arenoso
			0,70	$300 \pm 50$	Arenoso
			1,10	$610 \pm 135$	Areia-Franca

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geocronologia dos baixos terraços está associada a eventos de climáticos ocorridos no Holoceno; enquanto aos altos terraços associam eventos climáticos às deformações neotectônicas ocorridas no Pleistoceno.

Os baixos terraços do Ribeirão Araquá apontam para oscilações na energia de transporte e deposição durante o Holoceno. Estes eventos associam-se a elaboração de superfícies de aplainamentos no sudeste, mas que ainda não haviam sido referenciadas pela bibliografia disponível.

De modo geral, as metodologias utilizadas possibilitaram identificar eventos de origem estrutural e climática ocorridos durante o Quaternário. No entanto, é importante salientar que são necessárias outras abordagens para a confirmação (ou não) das proposições aventadas; metodologias que serão aplicadas em etapas posteriores da pesquisa.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP): Processos 2014/03894-5 e 2012/00145-6 e aos envolvidos nas coletas e auxílio em campo.

## REFERÊNCIAS

- Ab'saber, A. N. (1977). Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Paleoclimas*, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, n.º 3: 1-17.
- Coltrinari, L. (1991). Paleoambientes quaternários na América do Sul: primeira aproximação. *Anais... 3º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*. Belo Horizonte.
- Dias, R. L; Perez Filho, A. (2015). Geocronologia de terraços fluviais na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí-SP a partir de Luminescência Opticamente Estimulada (Loe). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, n. 2.
- Facincani, E. M. (2000). Morfotectônica da Depressão Periférica Paulista, Cuesta Basáltica e Planalto Interior. Regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba-SP. Rio Claro. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho.
- Lichte, M. (1991). Arid processes in the SE Brazilian relief evolution during the last glacial. *Boletim Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo*, v.8, p.201-211.
- Ortiz-Jaureguizar, E; Cladera, G. A. (2006). Paleoenvironmental evolution of southern South America during the Cenozoic. *Journal of Arid Environmental*. 66, 498-532.
- Penteado, M. M. (1968). Implicações tectônicas na gênese das cuestras da bacia de Rio Claro (SP). *Notícia Geomorfológica*, Campinas, v. 8, n. 15, p. 19-41.
- Salgado-Labouriau, M. L. (1994). *História Ecológica da Terra*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher.
- Scheel-Ybert, R. (2000). Vegetation stability in the southeastern Brazilian coastal area from 5500 to 1400 14C yr BP deduced from charcoal analysis. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 110:111-138.
- Scheel-Ybert, R. ; Gouveia, S.E.M. ; Pessenda, L.C.R. ; Coutinho, L.M. ; Boulet, R. . (2003). Holocene palaeoenvironmental evolution of the cerrado and semideciduous forest zone in the São Paulo State (Brazil), based on anthracology and soil d13C analysis. *Holocene (Sevenoaks)*, v. 13, n.1, p. 73-81.
- Storani, D. L; Perez Filho, A. (2015). Novas informações sobre geocronologia em níveis de baixo terraço fluvial do Rio Mogi Guaçu, SP, BRASIL. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, n. 2.
- Thomas, M; Thorp, M. B. (1995). Geomorphic response to rapid climatic and hydrologic change during the late Pleistocene and Early Holocene in the humid and sub-humid tropics. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 14, pp. 193-207.
- USDA. Soil Survey Division Staff. (1993). Soil survey manual. Washington. 437p. (Agriculture handbook, 18).

